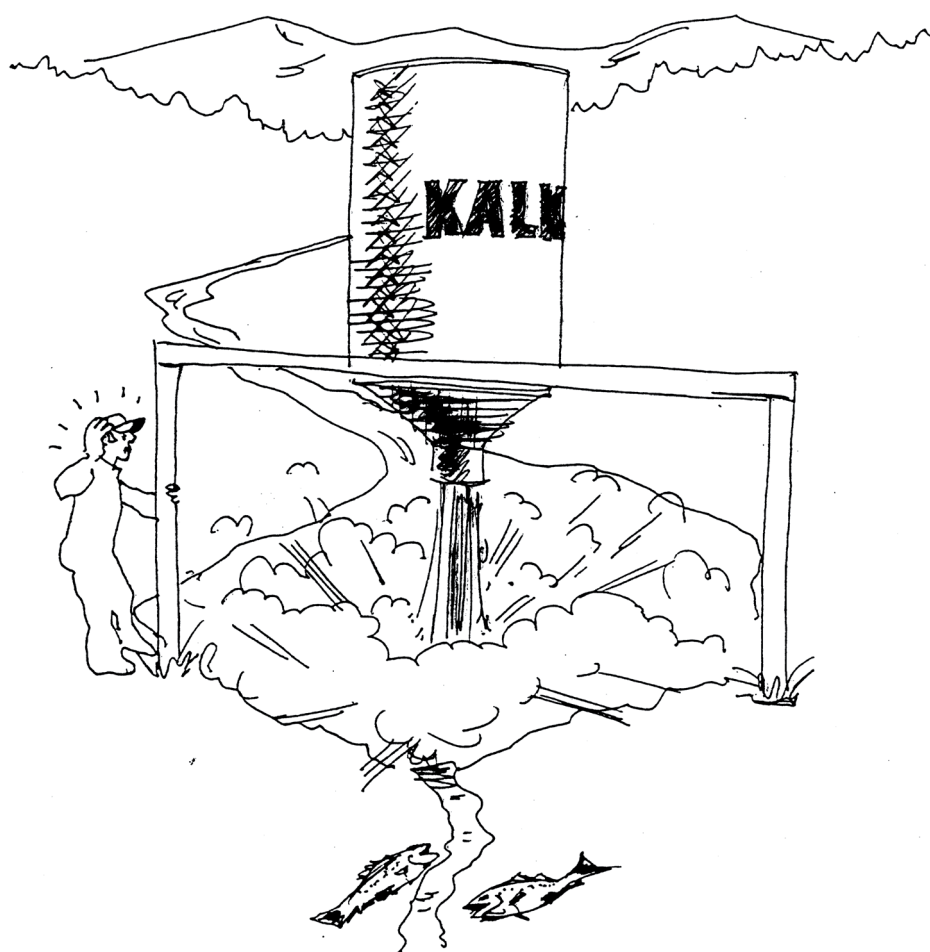


Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2013



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14


Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget Avviksrapport 2013	Løpenr. (for bestilling) 6667-2014	Dato April, 2014
	Prosjektnr. Undernr. O-13132	Sider Pris 16
Forfatter(e) Haraldstad, Tormod Høgberget, Rolf	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Styringsgruppa for Arendalsvassdraget	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag

Driftskontroll av Bøylefoss kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget gjennomføres for å avdekke effektiviteten til anlegget. Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2013) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi. Det var hovedsakelig tilfredsstillende dosering fra anlegget, men det var imidlertid svært uheldig at de fleste avvikene skjedde om våren under smoltfiseringsperioden. Dette kan ha påvirket smoltens evne til saltvannstoleranse og begrense sjøoverlevelsen. Smoltutvandringen ved Rygene i 2013 fant sted etter den fastsatte perioden med forhøyet pH-mål var over. Perioden med forhøyet mål ble derfor forlenget. Dette viser at det ikke alltid er økologisk relevant å knytte perioden med forhøyet pH-mål til eksakte datoer. For et bedre økologisk og økonomisk resultat anbefales det derfor å undersøke sammenhengen mellom utvandringstidspunkt og miljøforhold, slik at en i større grad kan styre perioden med forhøyet kalkingsmål i forhold til tidsforløpet av smoltutvandringen.

Fire norske emneord 1. Vassdrag 2. Kalkdosering 3. Overvåking 4. Måleteknikk	Fire engelske emneord 1. River system 2. Lime dosing 3. Monitoring 4. Measuring technique
--	---



Rolf Høgberget
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i
Arendalsvassdraget**

Avviksrapport 2013

Forord

Erfaringer har vist at anlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann ofte ikke produserer riktig kalkdose til vassdraget. Anleggene er kostnadskrevenne både i etablering og drift. Det er derfor avgjørende for et økonomisk forsvarlig resultat at driften er så optimal som mulig. Ideelt sett innebærer optimal dosering at driften er kontinuerlig, uten avbrekk av noe slag, og at dosen til enhver tid er riktig.

NIVA har utviklet et system for effektiv kontroll av driften av kalk-doseringsanlegg ved bruk av enkel sensorteknologi og effektiv informasjonsflyt.

Som et ledd i å bedre oversikten over den daglige driften ved anlegget og introdusere et ekstra hjelpeverktøy for operatører og annet personell i kalkingsprosjektet, ble driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget etablert. En kontraktsfestet avtale om driftskontroll innebærer gjennomgang av driftsdata flere ganger i uken samt dokumentasjon av driften ved en kortfattet avviksrapport hvert år. Avtalen innebærer også ansvaret for pH-målingsutstyret nedstrøms anlegget som måler pH til styring av kalkdoser fra anlegget.

Den daglige driften av driftskontrollsystemet utføres av fast personell på NIVA bestående av Jarle Håvardstun, Tormod Haraldstad og Rolf Høgberget. Kartmaterialet i rapporten er utarbeidet av Jarle Håvardstun.

Prosjektet er støttet av Miljøvernnavdelingen hos Fylkesmannen i Aust-Agder. Oppdragsgiver er den interkommunale stiftelsen Styringsgruppa for kalking av Arendalsvassdraget, bestående av alle involverte kommuner i vassdraget.

Grimstad, april 2014

Tormod Haraldstad

Innhold

	1
Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Driftskontrollsystemet	7
1.2 Kalkingsstrategien i vassdraget	7
1.3 Rapporteringen	7
1.4 Ord og uttrykk	8
2. Driften av anlegget	11
3. Tiltak	15
3.1 Parametere	15
3.1.1 Perioder med forhøyet pH mål	15
3.1.2 Temperatur	15
3.1.3 Kalkbeholdning	15
4. Referanser	16

Sammendrag

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg ble satt i drift høsten 2005, og driftskontrollen ved anlegget ble etablert i mai 2006. Hensikten med etableringen var å skape stabil og god vannkvalitet for anadrom fisk i den nedre delen av Nidelva (Arendalsvassdraget). Anlegget er det eneste i Arendalsvassdraget. Mye avhenger derfor av at dette anlegget fungerer tilfredsstillende.

Denne statusrapporten gir en dokumentasjon på driften i rapporteringsperioden (2013) og inneholder samtidig en fortegnelse over hendelser og avvik som kan danne grunnlag for forbedringstiltak knyttet til driftsrutiner, installasjoner eller kalkingsstrategi.

Det var periodevis ustabile signaler fra beholdningssensoren i 2013. Integrasjonen av forbrukt kalk som foretas i driftskontrollsystemet ble da brutt, noe som førte til at de reelle kalkdosene periodevis ikke kunne vises.

Det var en periode med bortfall av signal fra pH-logging nedstrøms Bøylefoss. Dette kom som følge av tordenvær som slo ut radioen for pH-overføring til loggeren på Bøylefoss. Dosering fra Bøylefoss og pH ved Rygene var likevel tilfredsstillende gjennom denne perioden.

pH i lakseførende strekning av elva lå med noen unntak over målet i hele 2013. Det var imidlertid uheldig at de fleste avvikene skjedde om våren i smoltifiseringsperioden. Perioder med lav pH før og under smoltutvandringen kan påvirke smoltens evne til saltvannstoleranse og begrense sjøoverlevelsen. Konsentrasjonen av LAI var samtidig i området 20-30 µg/l i slutten av april og mai (Hindar m.fl 2014). For høye LAI-verdier kan skyldes suboptimal dosering eller at pH-kravet på 6,2-6,3 ikke er tilstrekkelig høyt. Samlet viser dette at den vannkjemiske tilstanden ikke var tilfredsstillende under hele smoltifiseringsperioden.

Smoltutvandringen ved Rygene i 2013 fant sted etter den fastsatte perioden med forhøyet pH-mål var over. Perioden med forhøyet mål ble derfor forlenget. Dette viser at det er ikke alltid er økologisk relevant å basere perioden med forhøyet pH-mål på eksakte datoer. For et bedre økologisk og økonomisk resultat anbefales det derfor å undersøke sammenhengen mellom utvandringstidspunkt og miljøforhold, slik at en i større grad kan styre perioden med forhøyet kalkingsmål i forhold til tidsforløpet av smoltutvandringen.

Summary

Title: Operation Report from lime doser in Arendal River, S Norway. Non-conformance report 2013.
Year: 2014

Authors: Tormod Haraldstad and Rolf Høgberget

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6402-9

NIVA has developed methods permitting an efficient control of lime dosers in streams. The control involves simple sensor technology and an efficient information flow. This system is used to improve on and ensure a cost efficient liming. The information generated is an aid to operators, water managers and is extensively used for quality control issues.

This report summarizes discrepancies detected during 2013.

1. Innledning

1.1 Driftskontrollsystemet

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg er et system som ble utviklet av NIVA i 1996 og 1997 for å avdekke effektiviteten til de enkelte kalkdoseringsanleggene. Systemet er basert på registrering av kalkforbruk som vektreduksjon i kalkdoseringsanleggets beholdningstank (kalksilo) og vannføringen ved kalkingspunktet. I tillegg registreres pH-verdiene ved pH-styrte anlegg. For detaljert informasjon om systemets oppbygging og virkemåte vises det til Høgberget og Hindar (1998).

Kalkdoseringsanleggene styrer i hovedsak doseringen etter to forskjellige prinsipper:

Vannføringsstyring: Et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg skal kalke med fast dose. Dosen beregnes på grunnlag av hvor stor del av nedbørfeltet som skal avsyres og ønsket vannkvalitet fra en kalk-pH-titreringskurve. Doseringen er proporsjonal med vannføringen. Ved å sammenligne dose målet med den faktiske dosen gitt av driftskontrollen, får man et mål på effektiviteten til anlegget.

pH-styring: pH-verdier som blir målt i elva nær kalkingsanlegget er koblet til doseringen av kalk slik at disse overstyrer signalene fra vannføringsstyringen. Ved å sammenligne det fastsatte pH-målet for den aktuelle strekning i elva med de faktisk målte pH-verdier nedstrøms anlegget vises effektiviteten til anlegget.

1.2 Kalkingsstrategien i vassdraget

De to store innsjøene Nisser og Fyresvatn ble kalket vinteren 1996/1997 og høsten 1997 med hhv. 10000 og 8000 tonn kalk. Samtidig ble vannkvaliteten i Nesvatn bygget opp med tiltak oppstrøms denne innsjøen. Høsten 2005 ble disse tiltakene supplert med kalkdoserer ved Bøylefoss i Froland kommune. Målet med denne doseringen er å sikre stabil god vannkvalitet for anadrom fisk i den nedre delen av elva. I dag er effekten av de to store innsjøkalkingene i Nisser og Fyresvatn borte og vannkvaliteten oppstrøm Bøylefoss må betraktes som ukalket (Hindar mfl. 2014).

Bøylefossanlegget er styrt etter pH både oppstrøms og nedstrøms doseringen. Målestasjonen for pH nedstrøms anlegget er plassert på Evenstad, se **Figur 1**. Målet med kalkingen er at pH ved Rygene (ca. 25 km nedenfor Bøylefoss) skal være over 6,2 i perioden 15. februar – 31. mai, og over 6,0 ellers i året. Det forhøyede pH-målet om våren skyldes at laksesmolt er mer sårbar for lav pH enn de andre stadiene i laksens livssyklus. Tidspunktet for smoltifiseringen og smoltutvandringen fra elva vil variere mellom år, og er hovedsakelig bestemt av daglengde, elvetemperatur og vannføring. Smoltutvandringen vil de fleste år havne innenfor den angitte perioden med forhøyet pH mål i elva. På grunn av en sein vår og lave elvetemperaturer var smoltutvandringen ved Rygene antagelig sein i 2013 (Kroglund mfl. 2013). Perioden med forhøyet pH mål ble derfor forlenget til 14. juni og målet økt til 6,3 i perioden 22. april – 14. juni. (e-post fra FM 31.05.2013) For å kompensere for tilførsler av surt vann mellom Bøylefoss og Rygene, må pH-kravene ved Evenstad være noe høyere enn dette. Det er montert driftskontrollsystem på kalkdoseringsanlegget.

Kalkdoseringen er avhengig av riktige pH-verdier. Kvaliteten av målingene sikres gjennom arbeidet i et eget interkalibrerings-program (pH-lauget) og jevnlig oppfølging av NIVA. pH-verdiene ved den automatiske overvåkingsstasjonen på Rygene kvalitetssikres av NIVA før årlig publisering i DN-notatet «Kalking i laksevassdrag».

1.3 Rapporteringen

Det følgende er en gjennomgang av driften ved anlegget i 2012. Det er tidligere utgitt seks driftskontroll-rapporter om kalkingsaktiviteten i elva:

- 4. mai - 31. desember 2006 (Høgberget og Håvardstun 2007)
- 1. januar - 31. desember 2007 (Kaste, Håvardstun og Høgberget 2008)
- 1. januar - 31. desember 2008 (Høgberget og Håvardstun 2009)
- 1. januar - 31. desember 2009 (Høgberget 2010)
- 1. januar - 31. desember 2010 (Høgberget og Tveiten 2011)
- 1. januar - 31. desember 2011 (Høgberget 2012)
- 1. januar - 31. desember 2012 (Høgberget 2013)

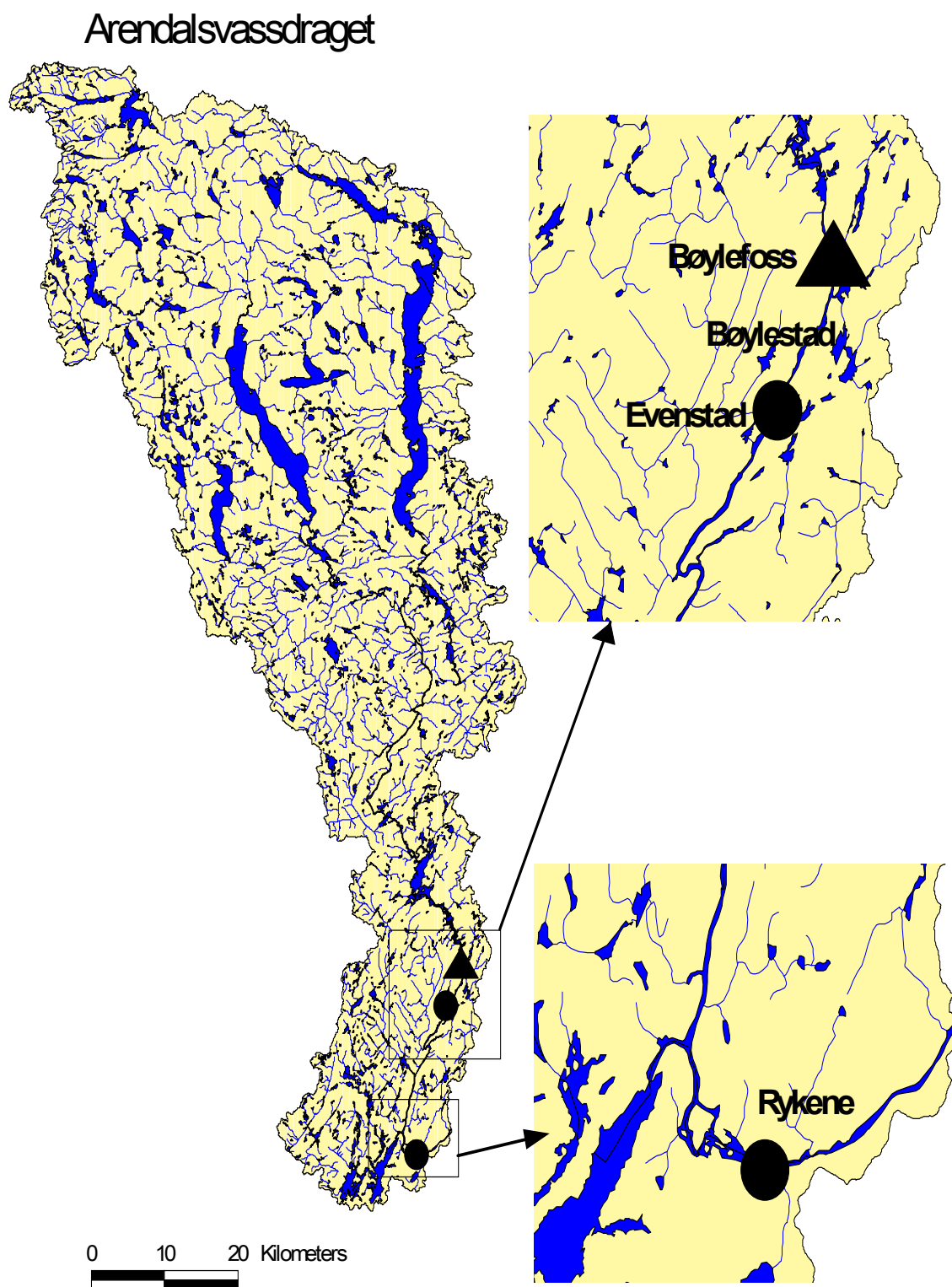
Denne rapporten omhandler perioden 1. januar - 31. desember 2013

1.4 Ord og uttrykk

Det forekommer en del ord og uttrykk i rapporten som kan være vanskelig å forstå betydningen av. For å lette leserens forståelse av innholdet presenteres her en liste med ord og uttrykk som vanligvis benyttes i rapporteringen:

Ord/uttrykk	Forklaring
Dosering	Brukes om generell tilsetning av kalk, men den egentlige betydningen er tilsetning av kalk per tidsenhet. I rapporten benyttes oftest g/s, dosering per sekund.
Dose	Dosering av kalk per volum vann. Den vanligste enheten er g/m ³ , gram kalksteinsmel per m ³ vann i elva.
PLS-dose, Styringsdose	Styringssignalet (g/s) som benyttes av doseringsanlegget for tilsetning av kalk dividert på vannføringen forbi anlegget (m ³ /s). Dette er den dosen anlegget "tror" den gir til elva. Enheten er g/m ³ .
Driftskontroll-dose	Den kalkdosen som er beregnet levert elva på grunnlag av kalkvektsreduksjon i beholdningstank/kalksilo per tidsenhet dividert på akkumulert vannmengde forbi doseringsanlegget i samme tidsrom.
Timesdose	Den driftskontroll-dosen som er levert i løpet av en time. Verdien er gjennomsnittet av aktuelle timesdoser til elva. For eksempel vil en vektreduksjon på 0,9 tonn i løpet av en time gi en timesdose på 5 g/m ³ ved vannføring 50 m ³ /s, (akkumulert vannmengde er da 180000 m ³).
Langtidsdose	Den gjennomsnittlige driftskontroll-dosen som er levert elva siden siste påfylling av kalk i beholdningstank/kalksilo. På kurvene som vises i rapporten kan det være store utslag. Dette oppstår i forbindelse med begynnende utregning fra ny beholdning. Årsaken er stor unøyaktighet i veieutstyret. Derfor settes en begrensning i når regneverket får lov til å begynne med doseberegninger. I denne tiden vises siste gjeldende verdi som en horisontal strek.
pH-mål	Den til enhver tid gjeldende verdi for hvor høy man ønsker at pH skal være i elva. Verdien blir ofte fastsatt av Fylkesmannens miljøvernavdeling i samarbeid med kalkingsstiftelsen for vedkommende kalkingsprosjekt.
pH-krav	Det pH-kravet som blir satt i styringsautomatikken ved et pH-styrt doseringsanlegg med pH-nedstrøms anlegget som styringssignal. pH-kravet er ofte høyere enn pH-målet for elveavsnittet.
PLS	"Programmerbar logisk styring". Forkortelsen er ofte benyttet som betegnelse på styringsautomatikken på kalkdoseringsanlegg.
UPS	"Uninterruptible power supply". Forkortelse på ekstra energikilde (strømkilde) som benyttes når nettspenningen uteblir.
Kyvette, pH-/målekyvette	Beholder som pH-elektroder og termaturmåler er plassert i. Det skal være kontinuerlig gjennomstrømmende vann i målekyvetta for å få riktige pH- og termaturmålinger.

Vannmerke	Vertikal stav med avmerkinger som viser vannstanden i metriske enheter (meterstav). Vannmerket er satt opp i forhold til et 0-punkt på stedet som avmerking i "fast fjell" eller i forhold til moh. (meter over havet).
Beholdning	Lageret av kalk eller annet avsyrmingsmiddel på kalkdoseringsanlegget.
Prosesskalibrering	Sette en kjent pH-verdi som avlesingsverdi i et pH-meter. Det har da alltid vært gjennomført en tidligere 2 pkt. kalibrering på pH-meteret (kalibrering mot bufferne pH 4 og 7)



Figur 1. Kart over nedbørfeltet til Arendalsvassdraget med utsnitt av to områder i stor målestokk som viser plasseringen av kalkdoseringsanlegget (triangel) og pH-målingspunkter (sirkler).

2. Driften av anlegget

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg styres etter vannføring og pH i vannet både oppstrøms og nedstrøms dosereren. Kalkdoseringsanlegget kan styres slik at en fast pH-verdi oppnås nedstrøms anlegget. Denne måles 6 km nedenfor kalkdoseringsanlegget, der en målestasjon på Evenstad sender sine data kontinuerlig opp til anlegget. Anlegget doserer kalk slik at pH øker til et fastsatt pH-krav som står i forhold til pH-målene for lakseførende strekning. Oppvandringshinder for laks er kraftverksdammen på Bøylefoss kraftstasjon, like ovenfor doseringsanlegget. Ved de to kraftverkene, Rygene og Evenstad, er det bygget henholdsvis laksetrapp m/laksesluse og fangstkammer. Ved lakseslusa på Rygene sluses 500-1500 fisk hvert år. Ved Evenstad fanges fisken i kammeret og flyttes deretter manuelt over kraftverksdammen. Dette sørger derfor for at fisken kan vandre videre til Bøylefoss. Det har vært delte erfaringer med effekten av installasjonen på Evenstad (Tore Moe notat 2011 og 2012).

Bøylefoss kalkdoseringsanlegg styres etter pH-krav nedstrøms anlegget som er tilstrekkelig for å oppnå pH-målet for hele den lakseførende strekningen. Dette kravet er vanligvis noe høyere enn pH-målet fordi man ønsker å ha noe bufferkapasitet å tære på ved raske pH-svingninger i elva.

Signaler for kalkbeholdning, vannstand og dosering var kontinuerlig i perioden, med unntak av et bortfall av kalkbeholdning 22-24.10. Beholdningssignalet ble forstyrret med én times intervall i en lang periode om vinteren (**Figur 2**). Dette forplantet seg videre til driftskontrollens dose- og vannstandssignal og skyldtes antagelig en jordfeil som påvirker loggeren. Dette ødela for integratoren som regner ut akkumulert kalkforbruk og reelle kalkdoser. Forholdet opphørte 24. mai.

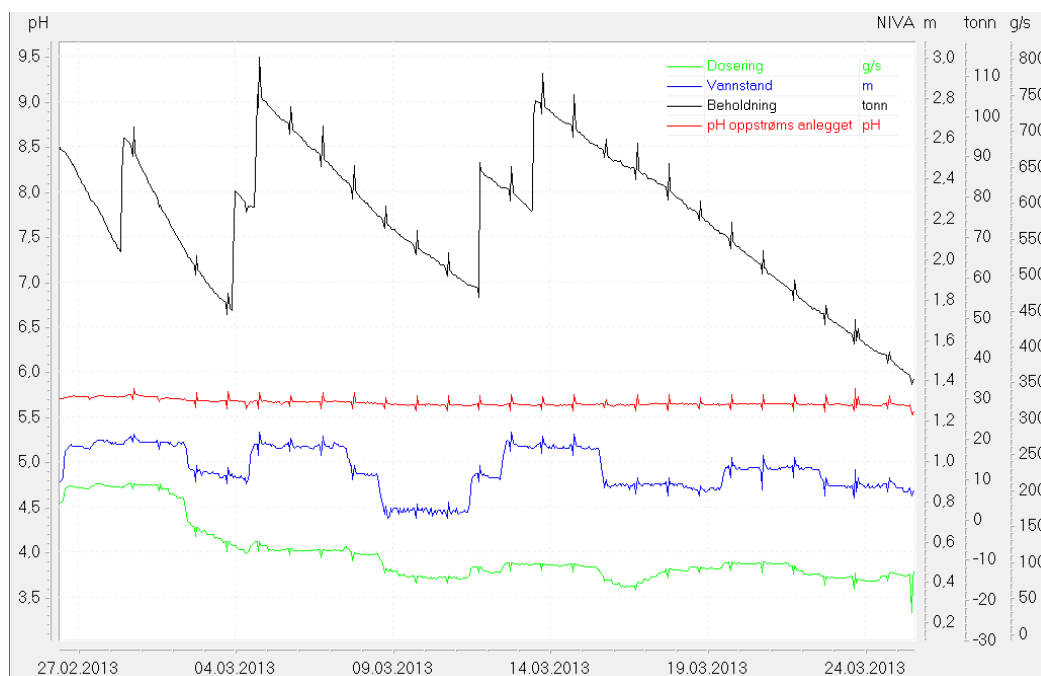
Alle pH-data er komplette, unntatt pH nedstrøms Bøylefoss i perioden 30.07-08.08. Bortfall av signal og logging kom som følge av tordenvær som slo ut radioen for pH-overføring til loggeren på Bøylefoss. Dosering og pH ved Rygene var likevel tilfredsstillende gjennom denne perioden (**Figur 3**). Tordenværet slo også ut vanntemperaturloggeren nedstrøms Bøylefoss. Denne var ute av drift resten av 2013.

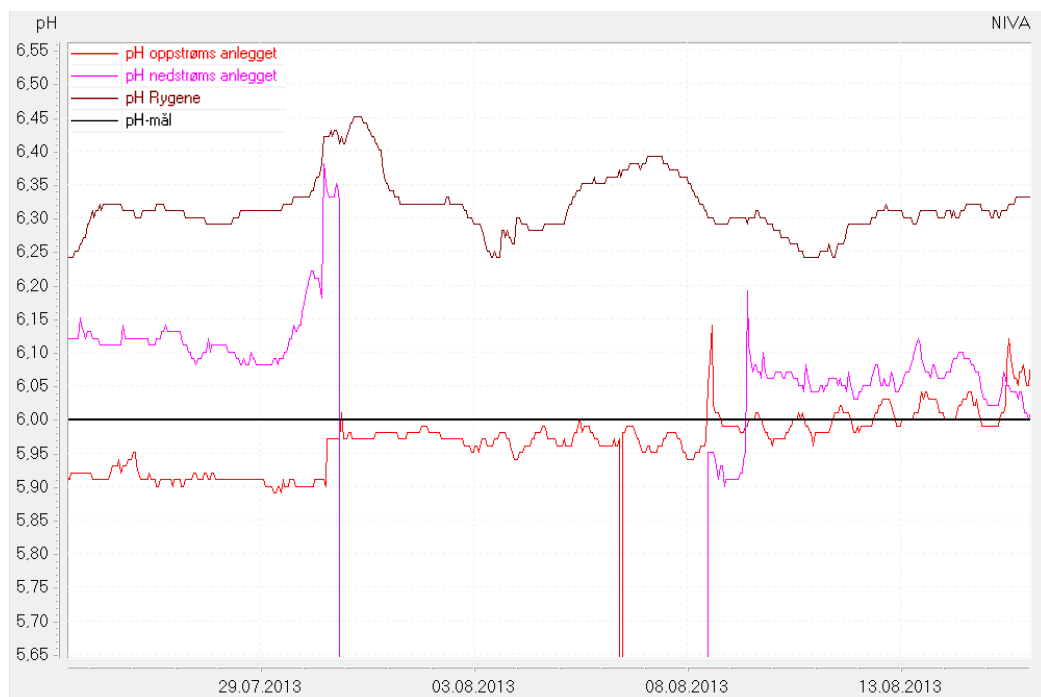
pH i lakseførende strekning av elva lå med noen unntak over målet i hele 2013. Unntakene er listet i **Tabell 1**. Til sammen utgjorde dette 20 dager. Det var spesielt uheldig at de fleste avvikene skjedde i smoltifiseringsperioden (**Figur 4**). Hovedutvandringen av laksesmolt ved Rygene foregikk i perioden 20. mai til 2. juni (Kroglund et al. 2013). Perioder med lav pH før og under smoltutvandringen kan påvirke smoltens evne til saltvannstoleranse og begrense sjøoverlevelsen. Konsentrasjonen av LAl var samtidig i området 20-30 µg/l i slutten av april og mai (Hindar m.fl 2014). Det er usikkert om de relativt høye LAl-konsentrasjonene skyldtes perioder med for lav dosering fra anlegget eller at pH målet i elva er for lavt. Samlet viser dette likevel at den vannkjemiske tilstanden ikke var tilfredsstillende under smoltifiseringsperioden.

I **Figur 5** er målingene ved alle kontinuerlige pH-stasjoner gjengitt sammen med pH-målet for elva.

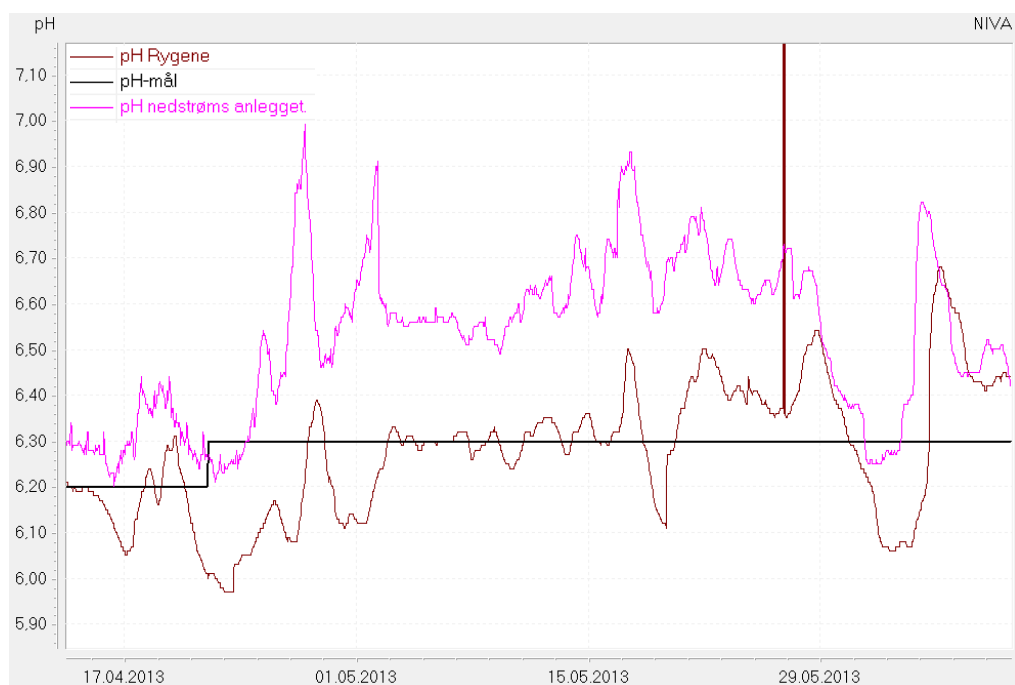
Tabell 1. Tilfeller der pH i lakseførende strekning av elva lå under målet. Til sammen utgjorde denne tiden 20 dager

Dato	Timer med pH under målet		Laveste verdi pH	pH-avvik	Merknad
	Evenstad	Rygene			
22.03.2013		33	6,1	0,1	
31.03.2013		80	6,1	0,1	
16.04.2013		35	6	0,2	
20.04.2013		24	6	0,2	
22.04.2013		136	6	0,3	
29.04.2013		60	6,1	0,2	
18.05.2013		20	6,1	0,2	
01.06.2013		80	6,1	0,2	For sein beskjed om forhøyet pH krav
03.11.2013	14		5,8	0,2	Ingen dosering i noen timer, anlegget gikk tom for kalk
16.11.2014		11	5,9	0,1	

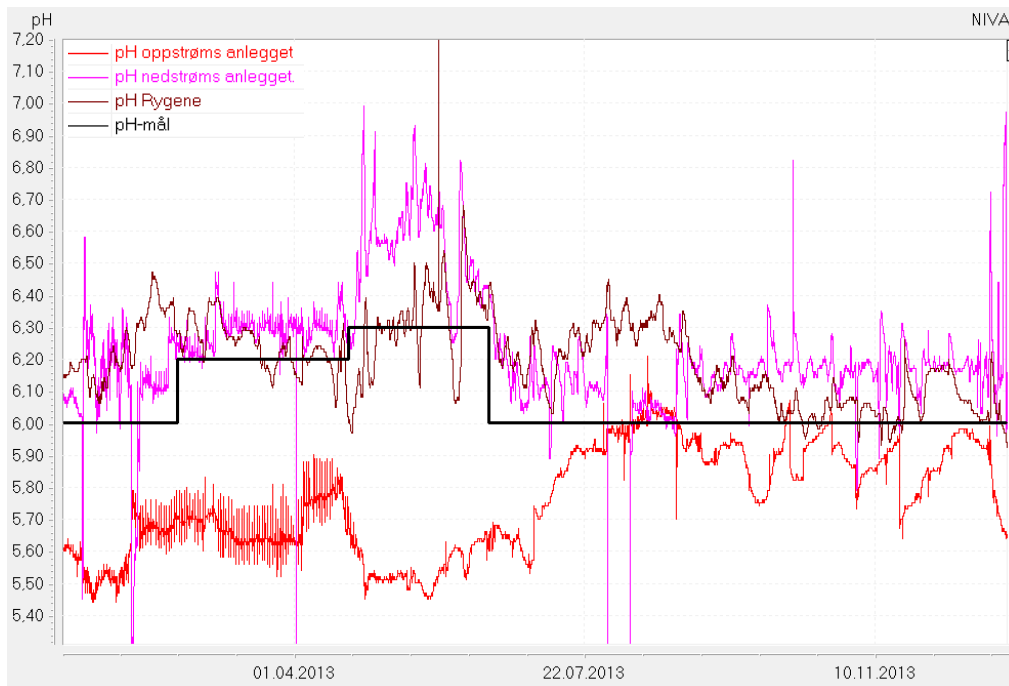
**Figur 2.** Beholdningssignalet ble forstyrret med en times intervall i en lang periode om vinteren. Forstyrrelsen ble gradvis sterkere og påvirket også vannstand- og doseringssignalet. Dette ødela for integratoren som regner ut akkumulert kalkforbruk og reelle kalkdoser. Forholdet opphørte 24. mai.



Figur 3. Alle pH-data er komplette, unntatt pH nedstrøms Bøylefoss i perioden 30.07-08.08. Bortfall av signal og logging kom som følge av tordenvær som slo ut radioen for pH overføring til loggeren på Bøylefoss. pH ved Rygene var tilfredsstillende gjennom denne perioden. Noe lavere dosering ville imidlertid vært god økonomi, da pH under stabile sommerforhold alltid øker mot Rygene.



Figur 4. pH nedstrøms Bøylefoss og ved Rygene ligger periodevis under pH målet gjennom smoltutvandringsperioden våren 2013.



Figur 5. pH på Bøylefoss oppstrøms anlegget, Evenstad og Rygene sammen med pH-målet gjennom hele 2013. Det var få avvik fra målet i 2013, men flere avvik inntraff under smoltutvandringsperioden. Uten kalking ville pH i elva vært potensielt dødelig for smolt (jf. pH oppstrøms anlegget).

3. Tiltak

3.1 Parametere

3.1.1 Perioder med forhøyet pH mål

Det er i dag pH mål for alle kalkede laksevassdrag i Norge, og for de fleste elver er pH-målene ulike gjennom året. Under smoltifiserings- og utvandningsperioden er laksen svært følsom for forsurening, og pH målene er i denne perioden høy. For de fleste elvene i Agder er «smolt pH-mål perioden», 01.04-31.05. Det er ikke økologisk relevant å anvende eksakte datoer for smoltutvandring, fordi utvandringen varierer mellom år. Det er observert en svært god sammenheng mellom smoltutvandringstidspunkt og elvetemperatur for andre elver i regionen (Kroglund et al. 2014, Haraldstad et al. 2013). Det tas til en viss grad høyde for årlig variasjon i smoltutvandringstidspunkt i dag, ved at målperioden ble forlenget våren 2013 på grunn av den observerte sene utvandringen av smolt i Storelva, Nidelva, Tovdalselva og Mandalselva. Det er ikke hvert år det foretas smoltundersøkelser i alle disse elvene. Sammenhengen mellom utvandringstidspunkt og miljøforhold bør undersøkes for samtlige kalka elver, slik at en i større grad kan styre perioden med forhøyet kalkingsmål i forhold til tidsforløpet av smoltutvandringen.

Påvisning av forhøyede LAl-konsentrasjoner i smoltifiseringsperioden i 2013 (Hindar et al. 2014) indikerer at pH-målet på 6,2 ikke er satt høyt nok og at det bør heves til 6,4, slik som i de fleste andre kalkede laksevassdrag. Det skal gjennomføres et prosjekt i 2014 for å undersøke årsaken til dette, og vi avventer resultatet av dette arbeidet før ytterligere anbefalinger gis.

3.1.2 Temperatur

Verdien av å måle korrekt temperatur i elva er mindre viktig i forhold til den tekniske kalkingen. Imidlertid er det viktig å opprettholde nøyaktige vanntemperaturmålinger i forbindelse med biologiske undersøkelser i vassdragene. Derfor bør temperaturen gjengis så nøyaktig som mulig. Det er hovedsakelig vanntemperaturen ved Rygene som er interessant i denne sammenheng siden den ikke måler på «oppvarmet vann» i målekyvetta. Riktige temperaturmålinger fra elva vil også være viktige input-data for modellering av tidspunkt for smoltutvandring, noe som i neste omgang kan brukes til å sette mer fleksible pH-mål om våren.

3.1.3 Kalkbeholdning

Gjennom vinteren var beholdningssignalet stabilt én gang hvert døgn. Dette ødela muligheten til og automatisk integrere forbruk av kalk mellom hver påfylling av kalksiloen. Dermed ble det ikke mulig å følge den faktiske dosen gitt fra anlegget (langtidsdosen). Det bør gjøres tiltak for å finne feilen, noe som også ble kommentert i fjorårets rapport.

4. Referanser

Haraldstad, T. Kroglund, F. Güttrup, J. 2013. Utprøving av fangstfelle for laksesmolt i Tovdalselva. NIVA-rapport 6586.

Hindar, A., Saksgård, R., Bongard, T., Brettum, P., Walseng, B. 2014 (*under arbeid*). Kalking i laksevassdrag skadet av sur nedbør - Tiltaksovervåking i 2013

Høgberget, R. 2010 Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport 2009. NIVA-rapport 5964.

Høgberget, R. 2012 Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport 2011. NIVA-rapport 6344.

Høgberget, R. og Hindar, A. 1998. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg. NIVA-rapport 3824.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2007. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2006. NIVA-rapport 5533.

Høgberget, R. og Håvardstun, J. 2009. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2008. NIVA-rapport 5786.

Høgberget, R. Tveiten, L. 2011. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport 2010. NIVA-rapport 6173.

Kaste, Ø., Håvardstun, J. Høgberget, R. 2008. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegget i Arendalsvassdraget. Avviksrapport år 2007. NIVA-rapport 5595.

Kroglund, F. Haraldstad, T. Güttrup, J. 2013. Bruk av isløpet som utvandringrute for laks ved Rygene kraftverk, Nidelva. NIVA-rapport 6592.

Kroglund, F. Haraldstad, T. Güttrup, J. 2014 (*In prep*) Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann, tilbakevandring av gytelaks til Storelva i 2010-2013

«PS til Rapport 2011 Nidelv» Tore Moe 2011

«PS til Rapport 2012 Nidelv» Tore Moe 2012

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnærmingssmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no